

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problems Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-258219

(43)Date of publication of application : 03.10.1997

(51)Int.Cl.

G02F 1/1335

G02F 1/1333

G02F 1/137

(21)Application number : 08-070789

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 26.03.1996

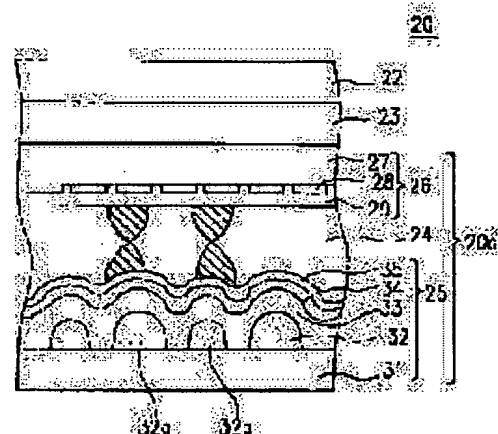
(72)Inventor : NAKAMURA KOZO
TSUDA KAZUHIKO

(54) LIQUID CRYSTAL DISPLAY DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a liquid crystal display device having an excellent contrast characteristic and paper white characteristic by providing a surface for reflecting the light of a reflection layer with ruggedness and specifying the ratio of the area of the region having the angle below a specified value of inclination of the tangent of the ruggedness to the surface to the area of the substrates to be in a specified range.

SOLUTION: The reflection type LCD 20 has a polarizing plate 22, a phase difference plate 23 and a liquid crystal cell 20a in this order. The liquid crystal cell 20a has the upper substrate 26, the lower substrate (reflection substrate) 25 and the liquid crystal layer 24 held between the upper substrate 26 and the lower substrate 25. The lower substrate 25 has plural projecting parts 32, high-polymer resin layers 33 covering these projecting parts 32, the reflection layer 34 and an oriented film 35 in this order on the surface of the transparent substrate 31 on the liquid crystal layer 24 side. The reflection plate and polarizing plate 22 of the device are disposed on the different sides of the liquid crystal layer. The surface which reflects light of the reflection layer 34 has the ruggedness and the ratio of the area of the region having $<2^\circ$ angle of inclination of the tangent of the ruggedness to the surface to the area of the substrate is 20 to 60%.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 23.07.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japanese Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 9 - 2 5 8 2 1 9

(43) 公開日 平成9年(1997)10月3日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F	1/1335	5 2 0	G 0 2 F	1/1335 5 2 0
	1/1333	5 0 0		1/1333 5 0 0
	1/137			1/137

審査請求 未請求 請求項の数 5

O L

(全 1 2 頁)

(21) 出願番号 特願平8-70789

(22) 出願日 平成8年(1996)3月26日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 中村 浩三

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 津田 和彦

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 山本 秀策

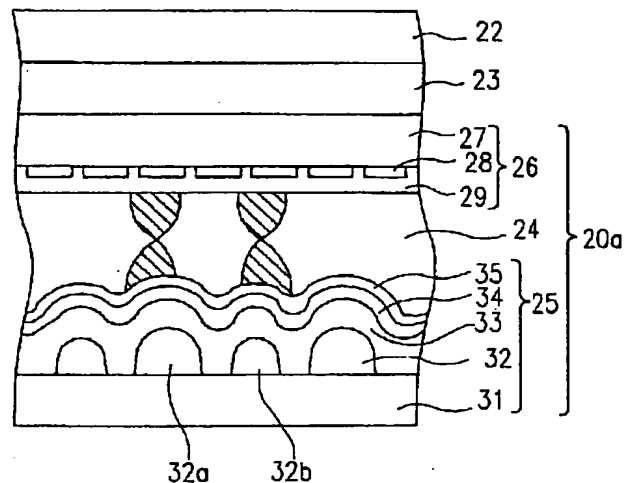
(54) 【発明の名称】 液晶表示装置

(57) 【要約】

【課題】 コントラスト特性、ペーパーホワイト性に優れた反射型液晶表示装置を提供する。

【解決手段】 一对の基板と、該一对の基板の間に挟持された液晶層と、一枚の偏光板と、反射層とを有する液晶表示装置であって、該反射層と該偏光板とは、該液晶層の異なる側に設けられ、該反射層は、光を反射する面が凹凸を有し、該凹凸の表面に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である領域の該基板の面積に対する比率が 20 % 以上 60 % 以下である液晶表示装置。

20



【特許請求の範囲】

【請求項1】 一対の基板と、該一対の基板の間に挟持された液晶層と、一枚の偏光板と、反射層とを有する液晶表示装置であって、

該反射層と該偏光板とは、該液晶層の異なる側に設けられ、

該反射層は、光を反射する面が凹凸を有し、該凹凸に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である領域の面積の該基板の面積に対する比率が20%以上60%以下である、液晶表示装置。

【請求項2】 該液晶層は、電界効果複屈折モードで駆動される請求項1に記載の液晶表示装置。

【請求項3】 前記凹凸による前記液晶層のリタレーションの差が40nm以下である、請求項1または2に記載の液晶表示装置。

【請求項4】 前記凹凸による前記液晶層の厚さの差が $1\mu\text{m}$ 以下である、請求項1から3のいずれかに記載の液晶表示装置。

【請求項5】 光を反射するための基板であって、光を反射する面が凹凸を有し、該凹凸に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である領域の面積の該基板の面積に対する比率が20%以上60%以下である反射板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、入射された偏光を反射板で反射することによって表示を行う反射型液晶表示装置に関し、特に、電界効果複屈折モードの反射型液晶表示装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 反射型LCD（液晶表示装置）に要求される性能の中で最も重要となるのは、周囲光をいかに有効に活用できるかどうかである。現在、電卓、ワープロ等に一般に用いられている表示モードは、2枚の偏光板と、反射板とを組み合わせたTN方式（ツイステッドネマティック）方式である。

【0003】 ところが、このような偏光板を2枚用いる方式では、反射板で反射された楕円偏光（円偏光及び直線偏光を含む）の互いに直交する2つの直線偏光成分の内のいずれか一方の直線偏光成分が、反射板と液晶層との間に配置された偏光板によって吸収される。従って、偏光板の吸収による光のロスがあるので、明るい表示が得られない。

【0004】 階調表示が可能でしかも明るい表示が得られる表示モードとして、1枚の偏光板を用いたECB（電界制御複屈折）モードの液晶表示装置が提案されている（中村ほか：第18回液晶討論会3D110）。

【0005】 このECBモードの反射型液晶表示装置の動作原理を図1を参照しながら説明する。図1は、ECBモードの反射型液晶表示装置10の機能モデル図であり、（a）は暗状態を、（b）は明状態を表示している

場合をそれぞれ示す。

【0006】 ECBモードの反射型液晶表示装置10は、偏光板2、位相差板3、液晶層4、及び反射板5とを備える。図1（a）に示す状態では、液晶層4と位相差板3とのリタレーション $\Delta n \cdot d$ の和が $\lambda/4$ に設定されているので、矢符A1に示すように入射し偏光板2を透過した直線偏光は、液晶層4及び位相差板3を通過すると、矢符A2に示す回転方向の円偏光となる。この円偏光は、反射板5によって反射され、矢符A3に示すように、矢符A2方向とは逆回りの円偏光となる。この逆回り円偏光は、液晶層4と位相差板3とを通過すると、入射時の直線偏光とは偏光方向が 90° 異なる直線偏光となる。従って、この直線偏光は偏光板2を透過できないので、暗状態が表示される。

【0007】 一方、図1（b）に示される状態では、液晶層4と位相差板3とのリタレーション $\Delta n \cdot d$ の和が0に設定されているので、偏光板2を透過した直線偏光は、液晶層4及び位相差板3を通過しても偏光状態が維持される。この直線偏光は、反射板5による反射されても偏光状態が変化しない。従って、反射された直線偏光は、入射したときの偏光方向を維持しているので、偏光板2を透過する。その結果、明状態が表示される。液晶層4と位相差板3とのリタレーション $\Delta n \cdot d$ の和の値は、液晶層4に電圧を印加することによって、液晶層のリタレーション値を変化させることによって制御される。このようにして、ECBモードの反射型液晶表示装置は、表示を実現することができる。

【0008】 特開平7-218906号公報は、入射した偏光の偏光状態が反射後も良好に維持する反射板を備えることによって、コントラスト特性が向上した反射型液晶表示装置を開示している。上記公報によると、ストークスパラメータで表した反射光の偏光度が50%以上となる反射板を用いることが好ましいとされている。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、従来の技術では、以下のような問題があった。

【0010】 一般に、反射型液晶表示装置は、液晶パネルに入射する周辺光を利用するので、反射板の反射率は広い範囲にわたってできるだけ高いことが好ましい。しかしながら、鏡面を有する金属膜を用いると、正反射方向でのみ反射率が高くなり、観察者の顔が表示面に写ったり、正反射方向以外では大変暗いという問題がある。

【0011】 一方、ペーパーホワイト性に優れた反射板としては、MgO粉末の標準白色板がある。しかしながら、標準白色板は、拡散性が強すぎるため、ペーパーホワイト性には優れるが、液晶層と組み合わせると多重反射が起こって液晶層中に光が閉じ込められて暗かったり、コントラストが低かったりという問題がある。

【0012】 また、上記の特開平7-218906号公報に開示されている反射基板を用いたECBモードの液

晶表示装置は、表示特性の最適化が行われていないため、コントラストは高いものの、ペーパーホワイト性が劣るという問題がある。

【0013】本発明は、上記の課題を解決するためになされたものであり、その目的とするところは、コントラスト特性、ペーパーホワイト性に優れた反射型液晶表示装置及び反射板を提供することにある。

【0014】

【課題を解決するための手段】本発明の液晶表示装置は、一対の基板と、該一対の基板の間に挟持された液晶層と、一枚の偏光板と、反射層とを有する液晶表示装置であって、該反射板と該偏光板とは、該液晶層の異なる側に設けられ、該反射層は、光を反射する面が凹凸を有し、該凹凸の表面に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である領域の面積の該基板の面積に対する比率が20%以上60%以下であり、そのことによって、上記目的が達成される。

【0015】該液晶層は、電界効果複屈折モードで駆動されることが好ましい。

【0016】前記凹凸による前記液晶層のリタデーションの差が40nm以下であることが、好ましい。

【0017】前記凹凸による前記液晶層の厚さの差が1 μ m以下であることが、好ましい。

【0018】本発明による反射板は、光を反射するための基板であって、光を反射する面が凹凸を有し、該凹凸に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である領域の面積の該基板の面積に対する比率が20%以上60%以下であり、そのことによって上記目的が達成される。

【0019】本発明の反射基板は凹凸を有する反射面を有し、この反射面は、凹凸に対する接線の傾斜角度が 2° 未満である平坦部の面積が基板の面積に対する比率が20%以上60%以下となっている。この平坦部はコントラストの向上に寄与し、凹凸部はペーパーホワイト性の向上に寄与する。その結果、コントラスト特性、ペーパーホワイト性に優れた反射型液晶表示装置を提供できる。

【0020】さらに、凹凸による液晶層のリタデーションの変化分を40nm以下にすることにより、実用的なコントラスト3を達成できるとともに、ECBモードの干渉色を利用して色純度が高いカラー表示を行うことができる。

【0021】また、凹凸による液晶層の厚さの差を1 μ m以下に設定することによって、捻れ角の大きいSTN配向の液晶層を用いても、閾値特性のばらつきによる表示品質の低下のない液晶表示装置を提供することができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下に、本発明の実施の形態を説明する。

【0023】(ECBモードの反射型液晶表示装置の基

本構成)本発明によるECBモードの反射型液晶表示装置(反射型LCD)20の断面図を図2に示す。この実施例では、単純マトリクス駆動されるSTN(スーパーツイステッドネマティック)型の液晶表示装置について説明する。

【0024】この反射型LCD20は、光の入射側から、偏光板22、位相差板23及び液晶セル20aをこの順で有する。液晶セル20aは、上部基板26と、下部基板(反射基板)25と、上部基板26と下部基板25とに挟持された液晶層24とを有している。上部基板24は、透明基板27と、透明基板27の液晶層24側の面に透明電極28と配向膜29とをこの順で有する。また、下部基板25は、透明基板31の液晶層24側の面に、複数の突起部32と、突起部32を覆う高分子樹脂層33と、反射層34と、配向膜35とをこの順で有する。突起部32は、互いに高さが異なる大突起部32aと小突起部32bとを有している。

【0025】本実施例では、反射層34は、Alで形成されており、電極としても機能する。反射層34と透明電極28は、それぞれストライプ状に配置された電極であり、反射層34と透明電極28とは、液晶層24を介して互いに直交し、マトリクス状の絵素を形成する。液晶層24としては、STN用の液晶材料(例えば、メルク社製の商品名ZLI4427)を用いる。この反射型LCD20の偏光板22、位相差板23、液晶層24及び反射層34は、それぞれ、図1の偏光板2、位相差板3、液晶層4及び反射板5として機能する。液晶層24として、リタデーションが $\lambda/4$ から0の間で変化する液晶層を用いることによって、位相差板23を省略することができる。位相差板23を設けることによって、反射光の波長分散を低減することができるので、色純度の高い表示が可能となる。また、位相差板23によって、液晶層24の液晶分子の配向に起因する視角依存性を補償することにより、広視野角の表示を提供することができる。

【0026】反射層34の材料は、Alに限られず他の金属材料を用いることもできるし、導電性を有さない反射層を形成する場合には、反射層の上面に透明電極を別途形成してもよい。また、液晶層の配向状態はSTN型に限られず、電界の印加によってリタデーションが変化する液晶層を広く利用することができる。

【0027】次に、図3及び4を参照しながら下部基板25を説明する。図3は下部基板25の上面図である。下部基板25は、透明基板31上に樹脂からなる大突起部31aおよび小突起部31bがそれぞれ多数形成されている。大突起部32aおよび小突起部32bの底部(基板31の表面)における直径D1、D2及び突起部の間隔D3が異なる基板を作製する。D1及びD2は、約3 μ mから20 μ mの範囲にあることが好ましい。約3 μ mよりも小さいとフォトリソグラフィによる加工が

困難となる。また、約 $20\mu\text{m}$ を越えると凸部の高さが高くなり、セル厚に与える影響が大きくなる。D3は、後述する平坦部の面積比率が適切な範囲となるように設定される。例えば、D3をD1及びD2の約 $1/3$ とすることによって、平坦部面積率を約70%にすることができる。なお、後述するように、突起部を熱処理することによって、突起部の直径が大きくなるので、D3の下限値は、フォトリソグラフィによって決まる下限値よりも小さくなり、約 $1.5\mu\text{m}$ となる。

【0028】図4は、下部基板25の製造行程を説明する断面図である。透明基板31としては、厚さ $t1$ が、例えば 1.1mm であるガラス基板（コーニング社製、商品名7059）を用いた。図4（a）に示すように、ガラス基板31上に、例として東京応化社製、商品名OFPR800の感光性材料を、 $500\text{r.p.m}\sim 3000\text{r.p.m}$ でスピンコートし、樹脂層41を形成する。本実施例では、 2500r.p.m で30秒間スピンコートし、厚さ $t2$ が、例えば $1.5\mu\text{m}$ の樹脂層41を形成する。

【0029】次に、樹脂層41が成膜された基板を 90°C の雰囲気中で30分焼成し、続いて図4（b）に示すように、大小2種類の円形の遮光部42aが多数形成されたフォトマスク42を配置して露光する。その後、例として東京応化社製、商品名NMD-3の2.38%溶液からなる現像液で現像を行い、図4（c）に示すようにガラス基板31の表面に、高さの異なる大突起41aおよび小突起41bを形成した。この高さの異なる大突起41aおよび小突起41bは、露光時間と現像時間を制御することにより実現できる。

【0030】なお、フォトマスク42は、図3に示す大突起41aおよび小突起41bの配列状態が得られる円形の遮光部42をランダムに配置された構成である。フォトマスク42の遮光部の直径は、大突起41aおよび小突起41bの直径に対応するように設けられている例を図4（b）に示したが、後に説明する図4（d）の熱処理工程における熔融による変形の程度を考慮して、マスクのパターン（D1、D2及びD3）を設定する必要がある。典型的には、熱処理による変形（熱だれ）によって、突起部32aおよび32bの直径D1及びD2は、フォトマスクの遮光部の直径よりも約1から2割程度増加する。また、異なる高さの突起部凸部を、図4（b）に示したように異なる大きさの遮光部42aを有するフォトマスク42を用いて、1つのフォトリソグラフィ工程で、形成しても良いし、それぞれ異なる大きさの遮光部を有する2枚のフォトマスクを用いて、フォトリソグラフィ工程を2回行うことによって、形成してもよい。ここでは、 $D1=\text{約}10\mu\text{m}$ 、 $D2=\text{約}8\mu\text{m}$ 、 $D3=\text{約}2\mu\text{m}$ の場合を示す。

【0031】次に、大突起41aおよび小突起41bが形成されたガラス基板31を 200°C で1時間加熱し、

図4（d）に示すように突起41a及び41bの頂部を若干程度溶融して円弧状にし、大突起部32aおよび小突起部32bを形成した。

【0032】次に、この状態のガラス基板31上に、図4（e）に示すように、前記感光性樹脂材料と同一の材料を $1000\text{r.p.m}\sim 3000\text{r.p.m}$ でスピンコートする。本実施例では好適な 2000r.p.m でスピンコートする。これにより、高分子樹脂層33が、各突起32a、32bの間の凹所を埋め、表面の比較的穏やかでありかつ滑らかな曲面状をしている状態に形成される。本実施例では前記感光性樹脂材料と同一の樹脂を塗布したが、異なる種類のものでもかまわない。なお、高分子樹脂層33の表面に大突起部32aにより形成された、なめらかな大突起の厚み $t4$ は約 $1\mu\text{m}$ であり、小突起部32bにより形成された、なめらかな小突起の厚み $t5$ は約 $0.3\mu\text{m}$ であった。次に、高分子樹脂層33の上に、アルミニウム、ニッケル、クロム、銀または金などの金属薄膜を膜厚 $t3$ 、例えば $0.01\sim 1.0\mu\text{m}$ 程度に形成する。本実施例ではアルミニウムをスパッタリングして、反射層34を形成する。このようにして得られた反射基板60の表面の顕微鏡写真を図6に示す。また、直径約 $10\mu\text{m}$ の円形の遮光部を有するフォトマスクと直径約 $5\mu\text{m}$ の円形の遮光部を有するフォトマスクとを用い、2回のフォトリソグラフィ工程を行うことによって得られた反射基板70の顕微鏡写真を図7に示す。

【0033】なお、上述したように、大突起部32aおよび小突起部32bを平面的にランダムに配置し、さらに大突起部32aおよび小突起部32bの高さを変えることによって、入射光に対して同じ位相差を与える平坦部を少なくできるので、反射層34にて反射された光が干渉して干渉色や縞模様が発生するのを防止することが可能となり、均一で色純度の高い表示を行うことができる。なお、フォトマスク42のパターンは上記の例に限定されず、円形以外の形状でもよい。

【0034】以上のようにして作製された下部基板25と公知の方法で作製された上部基板26とに対し、以下の処理を行う。まず、上部基板26および下部基板25の各々の上に、ポリイミド樹脂からなる配向膜29および35を形成し、 220°C で1時間焼成する。本実施例では、日産化学社製、商品名サンエバー150を用いた。次に、液晶層24の液晶分子を配向させるためのラビング処理を行う。これにより最終的な配向膜29および35が形成される。

【0035】次に、上記ガラス基板31、27間を封止するシール剤を、接着性シール材をスクリーン印刷することによって形成する。

【0036】このようにして形成された下部基板25と上部基板26とを貼り合わせるに際し、下部基板25に直径 $5.5\mu\text{m}$ のスペーサーを散布し、液晶層24の膜

厚の規制を行う。続いて、下部基板25と上部基板26とを対向し、前記シール材（例として直径6 μ mのスペーサーを混入した）で貼り合わせた後、下部基板25と上部基板26との間に、液晶材料を真空注入することにより、液晶層24を形成する。本実施例では、下部基板25と上部基板26との間で240°ツイストしたネマティック液晶（例としてメルク社製、商品名ZL14427）を用いて、液晶層34を形成する。

【0037】本発明の反射型LCDは、後述するように、反射層33の表面形状が制御されており、優れたペーパーホワイト性とコントラストを有する。以下に、本発明による反射基板（下部基板）の構成について詳細に説明する。

【0038】（反射基板の平坦部の面積）上述した方法を用いて、表面の形状の異なる種々の反射基板を作製した。得られた反射基板を用いて上記反射型液晶表示装置を作製し、コントラストとペーパーホワイト性を評価した。

【0039】反射基板の表面形状を表す指標として、平坦部の面積を用いた。前述したように、鏡面を有する反射板は正反射方向でのみ高いコントラストを実現するが、ペーパーホワイト性に劣る。一方、標準白色板はペーパーホワイト性に優れるが、暗くてコントラストが低い。この反射特性の違いを生じさせる原因が、鏡面反射板と標準白色板との表面形状の違いにあると考え、それらの形状の違いを平坦部の面積率として表すことができると考えた。鏡面は平坦部面積率100%、標準白色板は平坦部面積率0%として表される。

【0040】反射基板の平坦部の面積率の評価方法を図5を参照しながら説明する。図5（a）は反射基板50の表面形状を模式的に示す図であり、図5（b）は、表面プロファイルから求められる傾斜角度 θ を示す図である。なお、反射基板の表面に、A1からなる反射電極が露出されている状態で、以下の観察・評価を行う。

【0041】まず、反射基板50の表面を干渉顕微鏡を用いて観察する。反射基板50の表面の凸部の頂上を通過するように、図5（a）の走査線51に沿って顕微鏡の視野中心を走査することによって、図5（b）に示す*

*表面プロファイル52が得られる。図5（b）の横軸は基板面内方向の位置を、縦軸は凹凸の高さをそれぞれ表す。次に、この表面プロファイル52の凹凸に対して接線53を引く。この接線53と基板面（反射基板の2次元の広がり方向によって規定される平面）との成す角を傾斜角 θ と定義する。基板面内方向において、一定間隔 X_0 で、凹凸に対して接線を引き、それぞれ傾斜角 θ を求める。この傾斜角 θ が2°未満の点を平坦部と定義する。傾斜角 θ を測定する点は、典型的には、約0.1 μ m毎（ X_0 =約0.1 μ m）で1つの凸部に対して約100点測定する。傾斜角度 θ の測定は、1絵素全体の表面プロファイルを測定してもよいし、基準的なプロファイルを有する領域を適宜選択し、その領域についてのみ測定してもよい。上述した反射基板の作製方法は、再現性よく凹凸を形成できるので、基準的なプロファイルを有する領域をサンプリングすれば、1絵素全体の表面プロファイルを測定する必要はない。このようにして得られた傾斜角度 θ の測定結果から、傾斜角度 θ が2°未満の測定点の数を全測定点の数で割ることによって、平坦部面積率を算出した。

【0042】図6及び図7に反射基板の具体例を示す。図6（a）及び図7（a）は、反射基板の反射面の光学顕微鏡写真であり、図6（b）及び図7（b）は、それぞれの表面プロファイルを評価した結果を示すヒストグラムである。図6の反射基板60の平坦部面積率（図中のグレーの部分）は約40%で、図7の反射基板70の平坦部面積率（図中の白い部分）は約12%であった。なお、それぞれの顕微鏡写真は、166 μ m×256 μ mの絵素の一部を観察した結果である。

【0043】上述のようにして得られた種々の反射基板を用いて、上記の反射型LCD20を作製し、ペーパーホワイト性及びコントラストを評価した結果を表1及び図8にそれぞれ示す。ペーパーホワイト性の評価は複数個の蛍光灯が存在する部屋内において目視で行い、コントラストは垂直入射時のコントラストをパワーメータを用いて評価した。

【0044】

【表1】

平坦部の占有比率	20	40	50	60	80
ペーパーホワイト性	◎	○	○	△	×

◎ 白い
○ 白く感じる
△ 白っぽい
× 金属的（ミラー）な色あい、顔がうつる

【0045】表1から明らかなように、平坦部面積率が50増加するにつれて、ペーパーホワイト性が低下する。平

平坦部面積率が80%を越えると、観察者の顔が表示面に写るとい現象が見られ、また全体的に暗い印象があった。このことから、平坦部面積率は80%以下、好ましくは60%以下であることが分かる。

【0046】一方、図8から明らかなように、平坦部面積率が高くなるとコントラストは上昇する傾向にある。ペーパーホワイト性に優れている平坦部面積率20%の基板を用いた反射型LCDにおいても、コントラスト4が得られることが分かる。反射型LCDのコントラストは2以上あれば表示が可能で、コントラストが3以上あれば実用的な使用に供せられる。これらの結果から分かるように、平坦部面積率が20~60%の反射基板を用いた反射型LCDは、ペーパーホワイト性に優れるとともに、コントラスト比4以上の高品位の表示を行うことができる。

【0047】(凹凸の高低差とリタデーションとの関係) ECBモードの干渉色を利用したカラー表示装置を構成すると、液晶層のリタデーションのばらつきによって、反射率や色再現性(色純度)が低下するという問題がある。そこで、凹凸(突起部)を有する反射基板において、コントラスト及び色純度の高い表示を得るための条件を検討した。

【0048】図9は反射型LCDを模式的に示す図で、反射基板の表面プロファイル92と液晶層94だけを示す*

$$R = \{S_1 / (S_1 + S_2)\} * A^2 \{(\cos \alpha (\Delta n_T / \lambda))^2 - (\sin \alpha (\Delta n_T / \lambda))^2\}^2 + \{S_2 / (S_1 + S_2)\} * A^2 \{(\cos \alpha (\Delta n_B / \lambda))^2 - (\sin \alpha (\Delta n_B / \lambda))^2\}^2$$

【0051】また、液晶層の実効的なリタデーション $\Delta n d_E$ は、下記の(数2)で表される。

【0052】

【数2】

$$\Delta n d_E = \{S_1 / (S_1 + S_2)\} \Delta n d_T + \{S_2 / (S_1 + S_2)\} \Delta n d_B$$

【0053】さらに、凹凸の高低差に起因するリタデー※

$$\Delta n (d_T - d_B) = \{S_1 / (S_1 + S_2)\} \Delta n d_T - \{S_2 / (S_1 + S_2)\} \Delta n d_B$$

【0055】なお、当然のことながら、上述の反射率およびリタデーションを求める方法は、図9(a)に示した表面プロファイル有する反射基板に限られない。図9(b)のように、凸部が高密度に形成された反射基板や、図9(c)のように凸部が低密度で形成された反射基板に対しても適用できる。さらに、反射基板の表面プロファイルの形状も図9に示したものに限られず、種々の形状の表面プロファイルを有する反射基板について、反射率およびリタデーションを求めることができる。例えば、図4(c)に示したような、矩形状の表面プロファイル有する反射基板に対しても適用できる。

【0056】図4を参照しながら上述した方法で、凹凸の高低差の程度の異なる種々の反射基板を作製し、それらの反射基板を用いて、図2に示した構成のECBモードの反射型液晶表示装置を作製した。得られたECBモ

*している。表面プロファイル92は、上述したように、干渉顕微鏡を用いて測定できる。反射基板の表面プロファイル92が凹凸を有するので、液晶層94の厚さは、それぞれ、最小値 d_T (反射基板の凸部の頂点位置に対応)及び最大値 d_B (反射基板の凹部の底点位置に対応)で表される異なる厚さを有する。なお、例えば図9(a)のように、反射基板の表面プロファイル92が高さの異なる凸部を有し、液晶層が厚さ d_{T1} 及び d_{T2} を有する場合は、これらの内の最小値を最小値 d_T とする。このように厚さにばらつきのある液晶層94の実効的なリタデーション及びこのような反射基板を使った反射型LCDの反射率は以下のようにして求められる。

【0049】上述したように、液晶層94の厚さの最小値を d_T 、最大値を d_B とし、凹凸の中間の位置(液晶層94の厚さが $(d_T + d_B) / 2$ となる位置)に補助線95を引き、その補助線95によって2分される面積を求める。補助線95より上にある部分の面積を S_1 、補助線95より下にある部分の面積を S_2 とすると、反射型LCDの反射率 R は、下記の(数1)で表される。以下の数式中、 A は光の振幅、 λ は光の波長、 Δn は液晶分子の複屈折率をそれぞれ表す。

【0050】

【数1】

※リタデーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ は、下記(数3)で表される(上記(数2)の右辺の2項の差に対応する)。

30 なお、 $(d_T - d_B)$ は、符号を考慮せず、特に断らない限り絶対値を表す。

【0054】

【数3】

ードの反射型LCDについて、(数2)で与えられる実効リタデーション $\Delta n d_E$ と反射率との関係を調べた結果を図10から13に示す。図10から13のグラフにおける横軸は反射型LCDからの反射光の波長で、縦軸は反射率を示す。それぞれ、上記(数2)で表される液晶層の実効リタデーション $\Delta n d_E$ が330nm(図10)、360nm(図11)、470nm(図12)及び530nm(図13)の場合の結果を示す。また、それぞれについて、凹凸の高低差に起因するリタデーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ が0nm(鏡面反射板に相当)、30nm、40nm及び50nmの場合の結果を示す。これらの図に示されるように、液晶層のリタデーションの違いにより、反射率に波長分散(干渉色)が生じる現象を利用することによって、ECBモードのカラー表示装置を構成することができる。

【0057】これらの図から明らかなように、液晶層の実効リタレーション値 $\Delta n d_E$ が330nm、360nm、470nm及び530nmの全てにおいて、凹凸の高低差によるリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ が大きくなると、最大透過率(山)が低下し、最低透過率(谷)が上昇する。従って、凹凸の高低差が大きすぎるとコントラストが低下することが分かる。また、凹凸の高低差が大きくなると、反射率の波長依存性(波長分散)の急峻さが低下するので、反射光の色純度が低下することが分かる。

【0058】上述の結果と、凹凸の高低差によるリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ が10nm及び20nmの場合の結果とを合わせて、凹凸の高低差によるリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ の大きさと反射光の波長分散との関係をまとめて、図14に示す。図14は、液晶層の実効リタレーション値が330nm、360nm、470nm及び530nmの場合について、凹凸の高低差に起因するリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ による反射光の波長分散を示す色度図である。凹凸の程度が大きくなるにつれて、全ての波長帯(330、360、470及び530nm)において、反射光の色度が、色度図中央部の白点(波長分散のない状態)に近づいている様子がわかる。このことから、凹凸の高低差が増大すると色純度が低下し、干渉色を利用したカラー表示の色再現性が低下することが分かる。

【0059】また、図15に凹凸の高低差に起因するリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ とコントラストとの関係を示す。図15から明らかなように、凹凸の高低差が大きくなるにつれてコントラストが低下していることが分かる。この図から、実用的なコントラスト3を得るためには、凹凸の高低差に起因するリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ の値が40nm以下であることが必要であり、35nm以下でコントラスト4以上が得られることが分かる。色純度のについても、凹凸の高低差に起因するリタレーションの変化分 $\Delta n (d_T - d_B)$ が40nm以下なら実用上問題なく、35nm以下ならさらに色純度の高い表示を提供することができる。

【0060】(凹凸の高低差と閾値特性との関係)上記実施例で示したECBモードの液晶表示装置で、液晶層のツイスト配向の捻れ角を大きくすると、その電圧-反射率特性における閾値が急峻になる。急峻な閾値特性を有する液晶表示装置においては、液晶層の厚さのばらつきは、閾値電圧のばらつきとなり、表示品質を低下する。

【0061】そこで、液晶層のツイスト配向の捻れ角の大きいSTN型液晶表示装置に適用するための条件を検討した。凹凸の高低差 $|d_T - d_B|$ が、0 μ m、0.5 μ m及び1 μ mの反射基板をそれぞれ用いた240°ツイストのSTN型液晶表示装置について、液晶材料の自

然ピッチ P_0 とセルギャップ(液晶層の厚さ) d との比(d/P_0)と閾値特性の急峻性 α との関係を評価した結果を図16に示す。

【0062】なお、急峻性 α は、相対反射率が10%に達する電圧値 V_{10} と90%に達する電圧値 V_{90} との比(V_{90}/V_{10})で定義した。

【0063】例えば、反射型LCDを携帯用情報端末機器に適用することを想定すると、1/240のデューティ比で単純マトリクス駆動できる必要があるので、閾値特性の急峻性は、図16中の右下がりの斜線で示した境界領域($\alpha \approx 1.06 \sim 1.07$ の範囲)よりも低い値であることが好ましい。また、液晶分子の安定な配向を得るためには、 d/P_0 は、図16中の左下がりの斜線で示した境界領域(約0.48~0.51の範囲)よりも小さい値であることが好ましい。それは以下の理由による。 d/P_0 が約0.6よりも大きくなると、液晶分子の240°ツイスト配向が不安定となり、ストライプドメインが発生しやすくなり、その結果表示品質が低下する。また、 d/P_0 が約0.42よりも小さくなると、60°ツイスト配向が形成されやすくなるので好ましくない。従って、多少のセル厚ムラがあっても、液晶分子の配向の安定性を考慮すれば、液晶材料の自然ピッチ P_0 とセルギャップ d との比(d/P_0)は約0.48~0.51の範囲にあることが好ましい。

【0064】図16から明らかなように、凹凸の高低差 $|d_T - d_B|$ が大きくなると、急峻性が低下(図16中の上方にずれる)する。従って、急峻性と安定した配向を実現させるためには、凹凸の高低差の程度として、約1 μ m以下、より好ましくは、約0.5 μ m以下であることが分かる。また、図16の点(△、○及び●)に対応するSTN型液晶表示装置においては、ストライプドメインや60°ツイスト配向は見られなかった。

【0065】なお、上記の閾値特性の問題は、捻れ角の大きいSTN型液晶表示装置において顕著であり、例えば、平行配向モードの液晶表示装置では特に問題とならない。

【0066】

【発明の効果】本発明によれば、ペーパーホワイト性に優れ、且つコントラストの高い反射型液晶表示装置が提供される。さらに、色純度が高く、急峻な閾値特性を有する反射型液晶表示装置が提供される。これらの反射型液晶表示装置は、携帯用情報端末機器をはじめとする電子機器に用いられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】ECBモードの反射型液晶表示装置の機能モデル図である。

【図2】本発明によるECBモードの反射型液晶表示装置20の断面図である。

【図3】反射型液晶表示装置20の下部基板25の上面図である。

【図4】反射型液晶表示装置20の下部基板25の製造行程を説明する断面図である。

【図5】反射基板の平坦部面積率の評価方法を示す図である。(a)は、反射基板の表面形状を模式的に示す図であり、(b)は、表面プロファイルから求められる傾斜角度を示す図である。

【図6】反射基板基板を示す図である。(a)は、反射基板の反射面の光学顕微鏡写真であり、(b)は、それぞれの表面プロファイルの評価した結果を示すヒストグラムである。

【図7】反射基板基板を示す図であり、(a)は、反射基板の反射面の光学顕微鏡写真であり、(b)は、それぞれの表面プロファイルの評価した結果を示すヒストグラムである。

【図8】反射型液晶表示装置の平坦部面積率とコントラストとの関係を示す図である。

【図9】反射型液晶表示装置を模式的に示す図である。

【図10】液晶層の実効リタデーションと反射率との関係を示すグラフである。

【図11】液晶層の実効リタデーションと反射率との関係を示すグラフである。

【図12】液晶層の実効リタデーションと反射率との関係を示すグラフである。

【図13】液晶層の実効リタデーションと反射率との関係を示すグラフである。

【図14】凹凸の高低差の異なる反射基板による反射光の波長分散を示す色度図である。

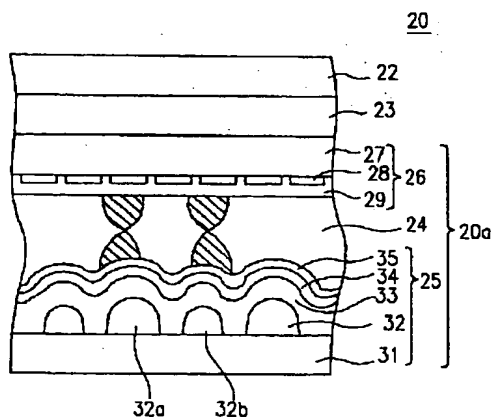
【図15】反射基板の凹凸の高低差とコントラストとの関係を示すグラフである。

【図16】液晶材料の自然ピッチ P_0 とセルギャップ d との比(d/P_0)と閾値特性の急峻性 α との関係を示す図である。

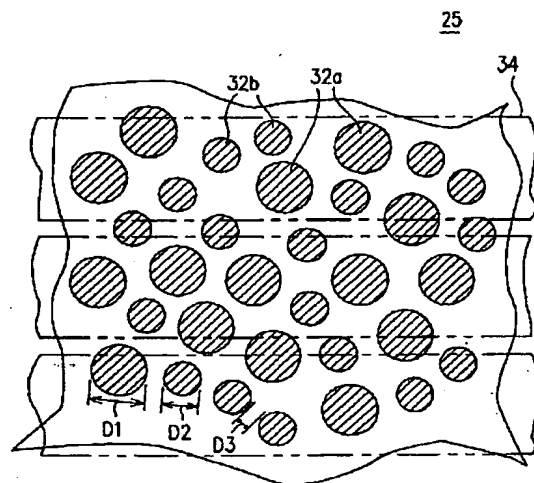
【符号の説明】

- 2 偏光板
- 3 位相差板
- 4 液晶層
- 5 反射板
- 10 ECBモードの反射型液晶表示装置
- 20 反射型LCD
- 20a 液晶セル
- 22 偏光板
- 23 位相差板
- 24 液晶層
- 25 下部基板(反射基板)
- 26 上部基板
- 27 透明基板
- 28 透明電極
- 29、35 配向膜
- 31 透明基板
- 32 突起部
- 32a 大突起部
- 32b 小突起部
- 33 高分子樹脂層
- 34 反射層(反射電極)
- 41 樹脂層
- 41a 大突起
- 41b 小突起
- 42 フォトマスク
- 42a 遮光部
- 50 反射基板
- 51 走査線
- 52 表面プロファイル
- 53 接線
- 92 表面プロファイル
- 94 液晶層
- 95 補助線

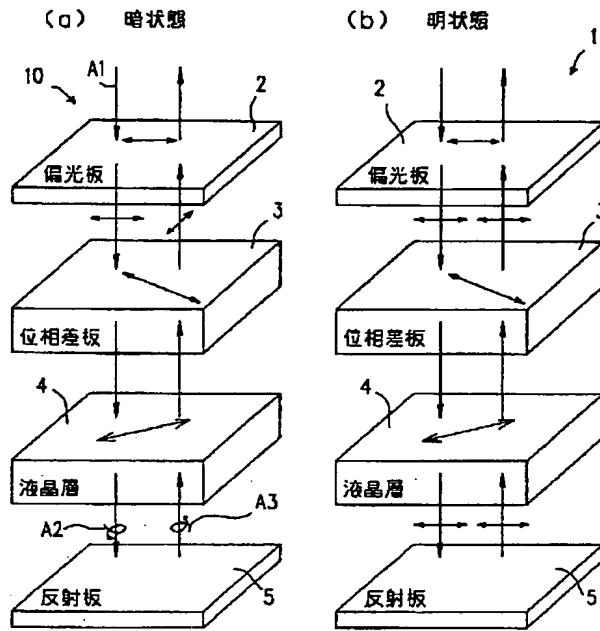
【図2】



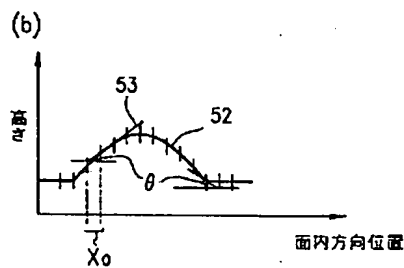
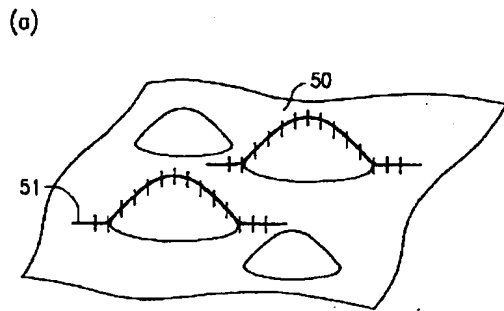
【図3】



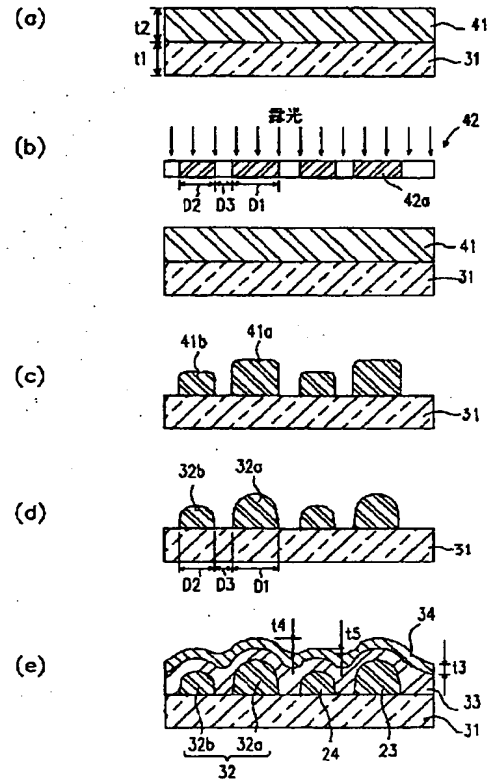
【図 1】



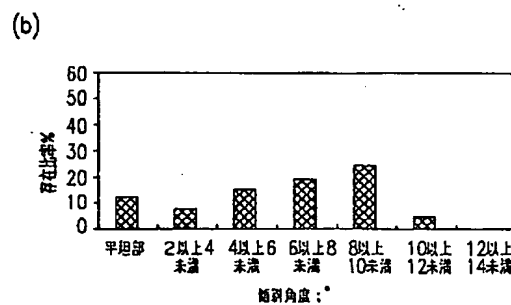
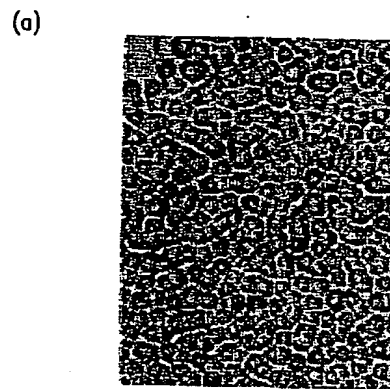
【図 5】



【図 4】

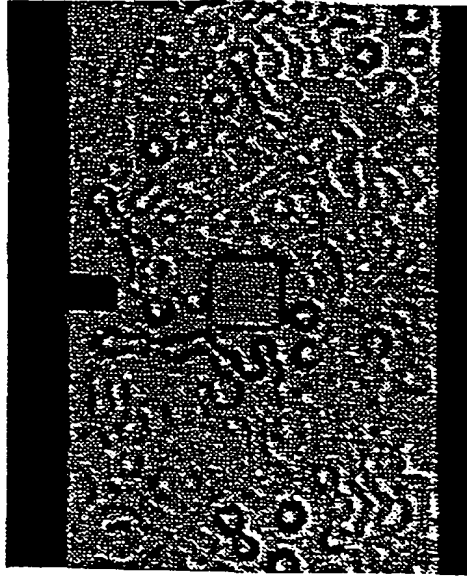


【図 7】

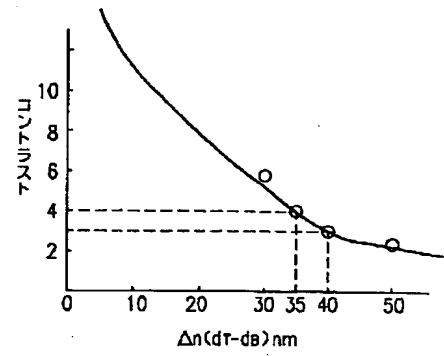


【図6】

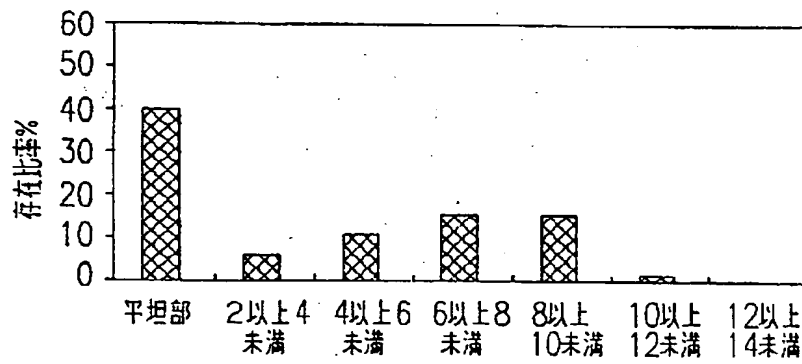
(a)



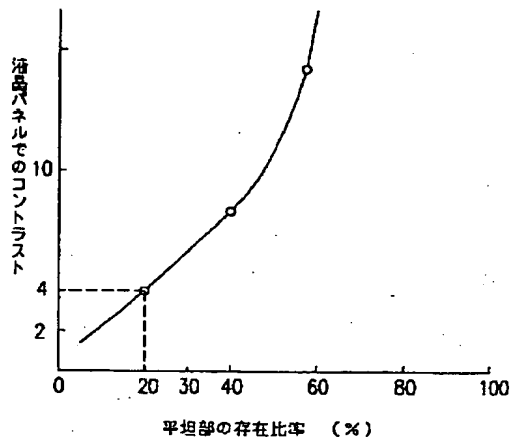
【図15】



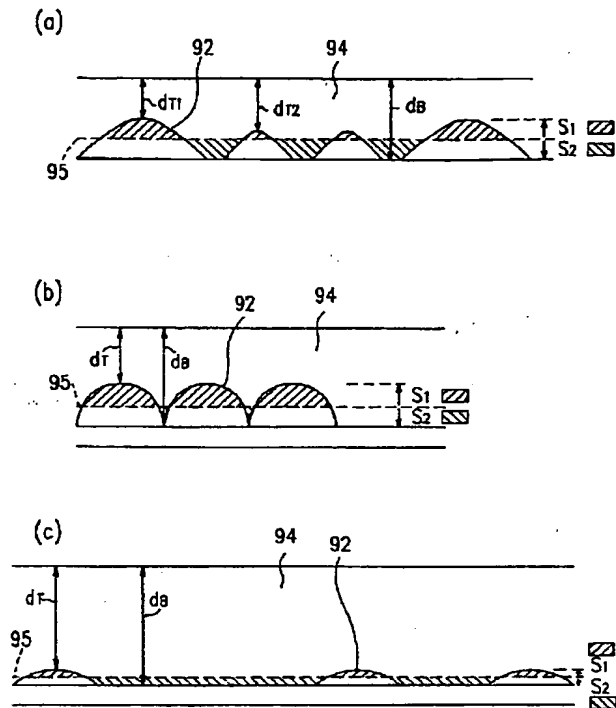
(b)



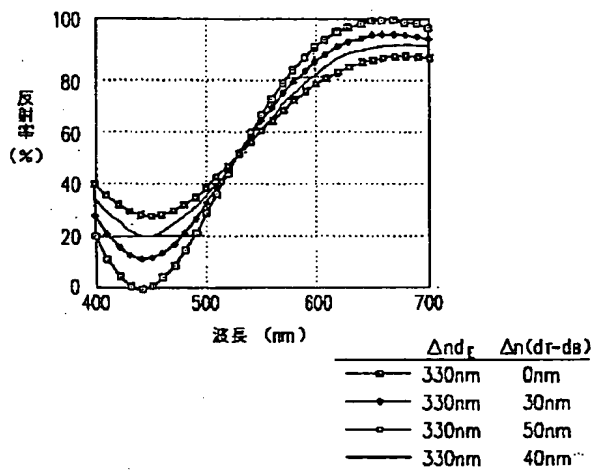
【図 8】



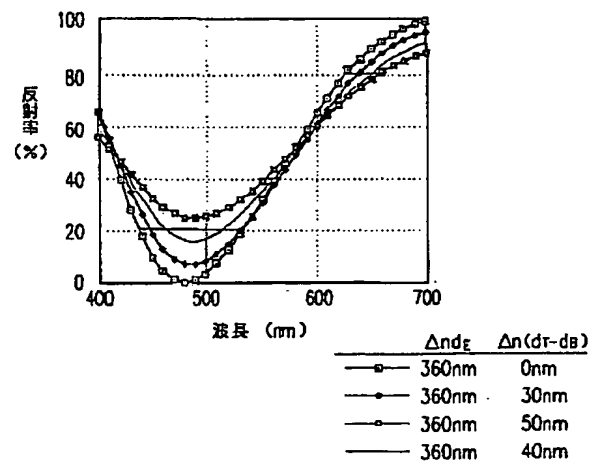
【図 9】



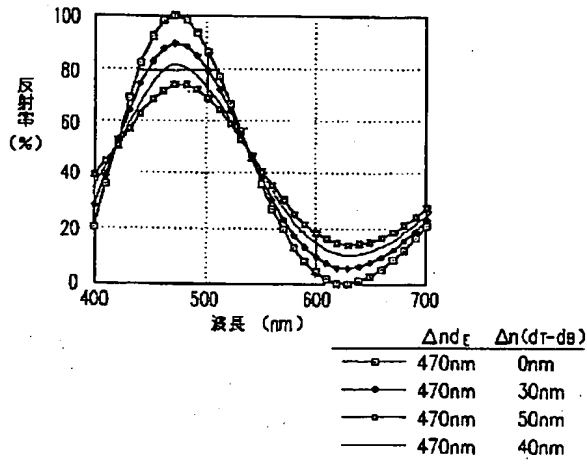
【図 10】



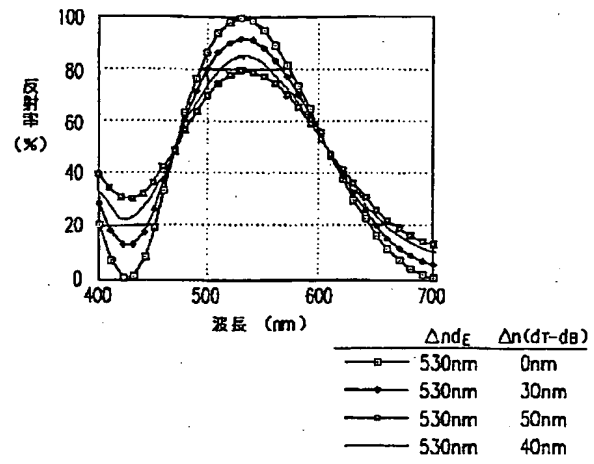
【図 11】



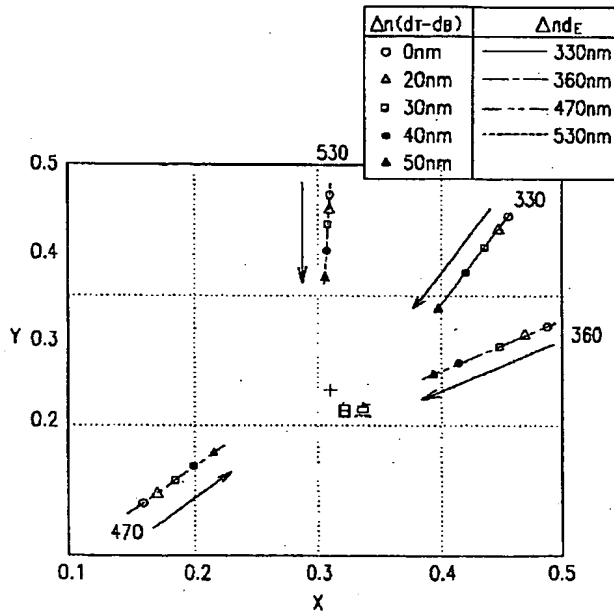
【図12】



【図13】



【図14】



【図16】

